

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

The Patent Office		US5122000					Biblio		Desc		Claims		Page 1		Drawing		esp@cenet	
ROLLING BEARING																		
Patent Number:		<input type="checkbox"/> <u>US5122000</u>																
Publication date:		1992-06-16																
Inventor(s):		UTSUMI YASUO (JP); MATSUMOTO YOICHI (JP)																
Applicant(s):		NIPPON SEIKO KK (JP)																
Requested Patent:		<input type="checkbox"/> <u>JP4009449</u>																
Application Number:		US19910692443 19910424																
Priority Number(s):		JP19900114105 19900427																
IPC Classification:		F16C33/58																
EC Classification:		<u>C21D9/36</u> , <u>F16C33/30</u>																
Equivalents:		<input type="checkbox"/> <u>GB2243417</u> , JP3128803B2																
<hr/>																		
Abstract																		
<hr/>																		
<p>A rolling bearing in which a bearing ring and/or a rolling element comprises an alloy steel wherein the hardness of a surface layer over a thickness corresponding to greater than 2% of a mean diameter of a rolling element is equal to or greater than 60 HRC and the hardness at least of the raceway surface or the rolling contact surface is equal to or greater than 64 and equal to or less than 69 HRC, and carbides of equal to or greater than 6 μm converted as the diameter of a circle are not contained in a range from the raceway surface of the rolling contact surface as far as the depth corresponding to 2% of the mean diameter of the rolling element.</p>																		
<hr/>																		
Data supplied from the esp@cenet database - I2																		

⑫ 公開特許公報(A)

平4-9449

⑤ Int. Cl.⁵

C 22 C 38/00

C 23 C 38/18
F 16 C 8/38
33/12

識別記号

3 0 2 E
3 0 1 H

庁内整理番号

7047-4K
7047-4K

③ 公開 平成4年(1992)1月14日

Z 8116-4K
6814-3J

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全15頁)

⑭ 発明の名称 転がり軸受

⑰ 特 願 平2-114105

⑱ 出 願 平2(1990)4月27日

⑲ 発 明 者 松 本 洋 一 神奈川県横浜市金沢区六浦町1948-13 エステシテイ1-206

⑲ 発 明 者 内 海 靖 夫 神奈川県藤沢市遠藤1098-6 湘南ライフタウンO-61-11

⑲ 出 願 人 日本精工株式会社 東京都品川区大崎1丁目6番3号

⑲ 代 理 人 弁理士 森 哲 也 外3名

明 細 書

1. 発明の名称

転がり軸受

2. 特許請求の範囲

(1) 軌道輪及び転動体のうち少なくとも一つが、

軌道面又は転動面の硬さ；HRC64 越え69、
未潰、且つHRC60以上の表層厚さ；転動体平均直径の2%以上、さらに軌道面又は転動面から
転動体平均直径の2%に対応する深さまでの間に
真円換算直径で6μm以上の炭化物を含有しない
合金鋼

からなる、ことを特徴とする転がり軸受。

(2) 前記転動面の硬さは前記軌道面の硬さ以上であることを特徴とする請求項(1)記載の転がり軸受。

(3) 前記合金鋼に含有される合金元素について、その含有量(重量%)に下記(1)式の関係が存在することを特徴とする請求項(1)又は(2)に記載の転がり軸受。

$$[\%C] \leq 1.12 \exp \{-4.78 \times 10^{-2} ([\%Cr] + [\%Mo] + [\%V] + 0.5[\%W] + 0.2[\%Mn] + 0.01[\%Co])\}$$

-- (1) --

(4) 前記合金鋼の平均残留オーステナイト濃度(v o l %)が10%以下であることを特徴とする請求項(1)ないし(3)のいずれか一項に記載の転がり軸受。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、自動車、農業機械、建設機械及び鉄鋼機械に使用される転がり軸受に係り、特に、長寿命、耐焼付性が要求される、エンジンのローラフォロアー用軸受、高PV値の必要な円すいころ軸受に適用できる転がり軸受に関する。

(従来技術)

従来、転がり軸受に用いる鋼としては、軸受鋼2種(SUJ-2)等の各種の合金鋼が存在する。近年、これらの鋼は荷重の増加やサイズダウンによって軸受に負荷される面圧が増加する傾向があり、転がり軸受の耐久寿命の改善が必要とされてきている。

転がり軸受の長寿命化の対策として、軌道面又は転動面の残留オーステナイト濃度の最適値化や

非金属介在物の低減等が実施されている。これらの対策により転がり軸受の寿命はある程度延長したが、近年、特に自動車、農業機械、建設機械及び鉄鋼機械等に使用される転がり軸受や、エンジンのローラフォロア用軸受、高PV値の必要な円すいころ軸受等の長寿命化の要求については、これを越えるものがあつた。

一般的に、鋼の耐疲労性を向上する方法として、鋼の硬さを高める方法が知られている。しかし、転がり部材の硬さを高めるためには、高速度工具鋼のようにMo、W、V等の炭化物形成元素を多量に添加せねばならない。この結果、凝固の際に晶出する大型炭化物が疲労起点となるため、転がり軸受においては、必ずしも長寿命化が達成できなかった。

一方、特開平1-201459号及び特開平1-234554号に記載されているように、Crを3~15重量%含有する鋼にイオン浸炭を施することにより、高靱性耐磨耗部品を得る従来例が存在する。

厚さ：転動体平均直径の2%以上、さらに軌道面又は転動面から転動体平均直径の2%に対応する深さまでの間に真円換算直径で6μm以上の炭化物を含有しない合金鋼からなることを特徴とする転がり軸受にかかるものである。

そして、請求項(2)記載のように、前記転動体の転動面の硬さ（以下転動面硬さという）は前記軌道輪の軌道面の硬さ（以下軌道面硬さという）以上にすることが望ましい。

さらに、請求項(3)記載のように、真円換算直径で6μm以上の大型炭化物を晶出させないようにするため、合金鋼の各合金元素の含有量（重量%）には次の関係が存在することが望ましい。

$$[\%C] \leq 1.12 \exp \{ -4.78 \times 10^{-2} ([\%Cr] + [\%Mo] + [\%V] + 0.5[\%W] + 0.2[\%Mn] + 0.01[\%Co]) \}$$

--- (1)

また、前記第2の目的をも達成する請求項(3)記載の発明は、請求項(1)ないし(3)のいずれか一項記載の転がり軸受において、前記合金鋼の平均残留オーステナイト濃度（vol%）を10%以下に

（発明が解決しようとする課題）

しかしながら、前記従来例においては、転がり軸受に適用することについての配慮がないために、耐転がり疲労強さに対して重要な鋼の硬さ範囲及び鋼に含有される炭化物の大きさ、及び転がり軸受の寿命に対して重要である転動体と軌道輪との硬さの関係、さらには転がり軸受の寸法安定性に対して重要な平均残留オーステナイト量が明らかでないという課題があつた。

そこで、本発明は、耐転がり疲労性、長寿命化に最適な硬さ範囲、炭化物粒径、及び硬さ分布を与えることにより長寿命な転がり軸受を提供することを目的とし、最適な平均残留オーステナイト濃度を与えることより寸法安定性にも優れた転がり軸受を提供することをも目的とする。

（課題を解決するための手段）

前記第1の目的を達成する請求項(1)記載の発明は、軌道輪及び転動体のうち少なくとも一つが、軌道輪の軌道面又は転動体の転動面の硬さ：HRC64 越え69 未満、且つHRC60 以上の表層

することを特徴とするものである。

（作用）

この発明に係わる転がり軸受によれば、耐転がり疲労性、長寿命化に最適な硬さ範囲、炭化物粒径、及び硬さ分布を与えることにより長寿命で耐焼付性に優れたな転がり軸受を提供すること、さらに、最適な平均残留オーステナイト濃度を与えることにより寸法安定性にも優れた転がり軸受を提供することができる。

以下、硬さ範囲等の特性範囲の限定理由について説明する。

軌道面又は転動面の硬さ：HRC64 越え69 未満

軌道面、転動面は局部的に大きな面圧が繰り返し加わるので、その転がり疲れ強さ、耐焼付性を向上させるには、表面硬さを向上することが有効である。硬さがHRC64 までは硬さの上昇に伴い転がり疲れ強さは増加する。しかしながら、硬さがHRC64 を越えると、硬さが上昇しても転がり疲れ強さは向上せず一定となり、硬さがHR

C 6 9 を越えると、かえって軌道面又は転動面で
の転がり疲れ強度が低下する傾向となる。

H R C 6 0 以上の表面層厚さ：転動体平均直径
の 2 % 以上

軌道輪と転動体とが転がり接触すると、各々の
表面下にせん断応力が発生する。その値が最大値
となる深さは、一般に、転動体平均直径の 2 % 未
満である。転がり疲れ寿命を延ばすためには、最
大せん断応力発生深さにおいて、材料が降伏しな
いことが重要である。そのためには、最大せん断
応力発生深さでの硬さを高くすることが必要であ
るが、H R C 6 0 以上となると転がり寿命延長効
果は飽和する。これにより上記臨界値を導いた。

軌道面又は転動面から転動体平均直径の 2 % に
対応するする深さまでの間に存在する炭化物の大
きさ：真円換算直径で 6 μ m 未満

前記の如く、軌道輪と転動体が転がり接触す
ると、各々の表面下にせん断応力が発生し、その値
が最大値となる深さは転動体平均直径の 2 % 未満
である。転がり疲れ寿命を延ばすためには、最大

且つ早期に剥離し軸受として短寿命となってしまう。
このことから、前記臨界値を導いた。

平均残留オーステナイト濃度 (v o l %) : 1 0 % 以下

軌道輪又は転動体中に残存する残留オーステナ
イトは、準安定な組織で、繰り返し応力を受ける
等年数を経るにしたがって徐々に分解し、軌道輪
又は転動体の膨張を引き起こし振動等の種々の不
都合の原因となる。軸受の寸法安定性は軸受中に
存在する残留オーステナイトの平均濃度 (平均残
留オーステナイト濃度) が少ないほど良いが、本
発明の転がり軸受の寸法安定性を軸受鋼 II 種 (S
U J - 2) と同等以上とするために、平均残留オ
ーステナイト濃度を 1 0 % 以下とした。

この平均残留オーステナイト濃度は、焼入れ温
度を低目にする、焼入れ法を選択すること、炭
素濃度を調整すること等により制御可能である。

本発明において、使用される合金鋼としては、
公知の高炭素クロム軸受鋼 (S U J - 2 等)、肌
焼鋼 (S C r 4 2 0 H 等)、及び高温軸受用高

せん断応力発生深さに存在する炭化物を小さくし
応力集中を緩和することが重要である。炭化物の
小型化に伴って転がり寿命は延長されるが、炭化
物の大きさが真円換算直径で 6 μ m 未満となると
転がり寿命延長効果は飽和する。これらのことに
より上記臨界値を導いた。尚、ここで、真円換算
直径とは、合金鋼中に存在する炭化物面積の 4 倍
の値を π で割算した値の平方根をいう。

転動面硬さ：軌道面硬さ以上

転がり疲れ強さを向上させるには、前記の如く
の表面硬さ、表面層厚さ、炭化物の特性値にするこ
とが必要であるが、転がり軸受の寿命を延ばすた
めには、その他に、転動面硬さと軌道面硬さに高
低関係を付けることが重要である。なぜならば、
軸受の使用条件が高面圧、油膜形成が不十分、ラ
ジアル及びスラスト両力が作用、異物混入潤滑で
ある時等には軌道輪よりも転動体の方に先にフレ
ーキングが発生してしまうからであり、且つこの
ような使用条件は非常に多いからである。転動面
硬さが軌道面硬さより低いと、転動体が集中的に

速度鋼 (M 5 0 等) などの各種の合金鋼を使用す
ることができる。これら合金鋼の熱処理について
は、肌焼鋼は浸炭又は浸炭窒化焼入れ、焼戻しを
行い、肌焼鋼以外の合金鋼については焼入れ、焼
戻しを行う。肌焼鋼以外の合金鋼については、必
要に応じて火炎焼入れ等の表面硬化熱処理を行う
こともできる。その他、必要に応じて球状化焼鈍
を行うこともできる。尚、肌焼鋼において、本発
明で規定される硬さ範囲は、浸炭又は浸炭窒化焼
入れされ、焼戻し後の値である。そして、肌焼鋼
以外の合金鋼においては、硬さ範囲の値は焼入れ、
焼戻し後のものである。

焼戻しについては、低温焼戻し (例えば、1 6
0 ~ 2 0 0 $^{\circ}$ C) よりも高温焼戻し (4 5 0 ~ 6 0
0 $^{\circ}$ C) を行うことの方が好ましい。高温焼戻しに
より残留オーステナイトをマルテンサイト化する
と共にマトリックスに微細な炭化物を析出させて
表面硬さを向上でき及び寸法安定性の向上を達成
することもできるからである。

これら合金鋼は鑄造によって形成することがで

きるのは勿論のこと、特開昭54-116318号等に開示の公知の粉末焼結法によって形成することもできる。

本発明の合金鋼は、所望の特性に応じて、Cr、Mo、V、W、Mn、Co等の少なくとも一種が含有される。

Moは、Cと結合して微細な炭化物の必要量を表面に形成するのに有効であり、且つ焼入れ性を向上するのに有効である。しかしながら、素材の段階で巨大な炭化物ができてしまうことを避けるために、含有量は8重量%以下であることが好ましい。特に、2.0重量%以下であることが望ましい。

Crは、Moと同様に表面に微細な炭化物を形成するのに必要な元素である。しかしながら、素材の段階で巨大な炭化物ができてしまうことを避けるために、含有量は2.0重量%以下であることが好ましい。特に、2～1.4重量%であることが望ましい。

Mnは、焼入れ性の向上に大きな役割を有し、

しかもその含有量が多くなると非金属介在物(MnS等)が多く生じやすく、且つ硬度が向上し、鍛造性、被削性等の機械加工性が低下する。よって、Mnの含有量は2重量%以下であることが望ましい。

Vは、結晶粒界に析出して結晶粒の粗大化を抑制し、その微細化を図ると共に、鋼中の炭素と結合して微細な炭化物を形成する元素であり、その添加によって軸受表層部の硬さが向上して耐磨耗性が良好となるため7重量%以下含有されることが良い。特に、3重量%以下の含有量であることが望ましい。

Wは、高速度鋼としての性能を得るために基本的に重要な元素であり、鋼中の炭素、窒素及び鉄と結合してMC、M₃C型炭化物、MX、M₃X型炭窒化物を形成する伴に、残部は基質に溶け込み、耐磨耗性を高めると同時に焼戻し硬化及び高温硬さを向上させ、切削性能を大きく改善する。そのため、15.0重量%以下含有されることが良い。

Coは、W、Mo、V等と併用することにより、マトリックスの耐熱性を高め、高温硬さの改善に効果的である。従って、15.0重量%以下含有されることが良い。

本発明でいう炭化物とは、M₃C、M₇C₃、Mo₂C、W₂C、V₄C₃、VC及びM₂₃C₆等である。

本発明において、表面に形成される炭化物の存在量は、面積比で10～50%であることが好ましい。炭化物の存在量が10%未満であると、前記本発明で必要とされる硬さを得るのに不利となり、一方50%を越えると微細な炭化物同士が結合して炭化物が粗大化する傾向となるからである。

内輪、外輪及び転動体において、軌道面又は転動面から内側に向かって当該転動体の平均直径の2%に対応する深さまでの間に存在する炭化物の大きさが真円換算直径6μm未満である為には、少なくとも浸炭前の素材の段階で、6μm以上の炭化物を含有しないことが必要である。本発明者の検討によると素材中に存在する6μm以上の炭

化物は、炭化物の晶出反応によるものであることが分かった。平衡論的には、炭化物の晶出反応を起こさせないためには、例えば、第1図に示すFe-Fe₃C状態図を例にとると、E点を越える炭素濃度を含有させないことが必要である。しかしながら、それは、鋼を極めてゆっくり冷却した場合に成立する条件であり、現実の鑄造条件では非平衡となるので初期に凝固した部分より末期に凝固した部分の炭素濃度が高くなるため、たとえ、E点以下の炭素濃度でも末期に凝固した部分では炭化物が晶出することがある。従って、製鉄所等における量産鋼においては炭素濃度をE点より十分低くしておくことが必要となる。具体的には、非肌焼合金鋼では、炭素濃度を1.5重量%以下にすることが好ましい。Cは焼入れ後の硬さを向上する上で必要な元素であるが、晶出炭化物の大型化を避け、又は残留オーステナイト濃度が高くなるのを避けるため、含有量の上限を設けることが好ましい。一方、肌焼合金鋼の場合も素材の段階での晶出炭化物の大型化を防止するため、及び浸

炭又は浸炭窒化の際の熱処理生産性を上げるため、炭素含有量が0.2～0.6重量％程度が好ましい。

真円換算直径が6μm以上の炭化物を晶出させないためには、Cr等の各種の合金元素を含有する鋼が、量産ラインで凝固する際に、次の(1)式の条件を満たす必要があることを本発明者は実験により見出した。

$$[\%C] \leq 1.12 \exp \{ -4.78 \times 10^{-2} ([\%Cr] + [\%Mo] + [\%V] + 0.5[\%W] + 0.2[\%Mn] + 0.01[\%Co]) \} \quad \text{--- (1)}$$

〔実施例〕

次に本発明の実施例について説明する。

（実施例1）

第1表は、各鋼種の成分を示したものである。

第1表に示された鋼を溶解・精錬し、鋼片断面寸法が520×400となるように連続铸造し、次いでφ165のバー材に圧延し、第2図に示す条件で焼鈍した。

次いでこのような鋼種について、心部を通り、圧延方向に平行な切断面内の最大炭化物直径を測

定した。被検面積は165×165=27225mm²である。

この最大炭化物直径の測定は、走査型電子顕微鏡により行い、真円換算直径に調整した。

さらに、各鋼種について下記のXを計算した。

$$X =$$

$$[\%C] - 1.12 \exp \{ -4.78 \times 10^{-2} ([\%Cr] + [\%Mo] + [\%V] + 0.5[\%W] + 0.2[\%Mn] + 0.01[\%Co]) \}$$

第2表に各鋼種の最大炭化物の真円換算直径と前記Xの値を示す。また、第3図に最大炭化物の真円換算直径(μm)と前記Xの関係を示す。

第3図から明らかなように、Xの値が0以下の時に炭化物径が6μm未満となることがわかる。

以上より、前記(1)式が成立する時に炭化物径が6μm未満となることが分かる。

この結果、合金元素の含有量をX≤0となるように設計することにより、最大炭化物直径を6μm以下にすることができる。

また、肌焼鋼の場合は、浸炭時間、拡散時間をかえて表面炭素濃度を調整することにより最大炭化物直径を6μm以下にできる。

第 1 表

鋼種	化 学 成 分									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W	Co
A	0.21	0.25	0.71	0.014	0.008	1.03	—	—	—	—
B	0.20	0.24	0.56	0.009	0.003	5.12	0.21	—	—	—
C	0.25	0.22	0.50	0.018	0.009	4.02	6.08	4.82	14.22	10.80
D	0.24	0.29	0.71	0.020	0.006	3.96	6.02	5.13	13.99	12.01
E	0.24	0.22	0.60	0.015	0.008	4.11	6.13	4.94	13.89	14.24
F	0.20	0.35	0.53	0.011	0.010	17.03	0.51	—	—	—
G	0.31	0.27	0.44	0.012	0.005	12.96	—	—	—	—
H	0.58	0.26	0.43	0.019	0.011	13.12	—	—	—	—
I	0.60	0.25	0.43	0.014	0.003	13.06	—	—	—	—
J	0.73	0.23	0.80	0.019	0.009	12.94	0.30	—	—	—
K	1.23	0.40	0.69	0.015	0.010	13.10	0.28	—	—	—
L	0.62	0.26	0.44	0.013	0.005	13.07	—	—	—	—
M	0.21	0.24	0.74	0.015	0.001	2.01	0.41	—	—	—
N	0.18	0.25	0.66	0.012	0.012	5.53	0.10	—	—	—

第 2 表

鋼種	最大炭化物の 真円換算直径	X 値
A	1.2 μm	-0.85
B	1.3 μm	-0.66
C	2.3 μm	-0.14
D	2.4 μm	-0.14
E	2.2 μm	-0.14
F	1.6 μm	-0.28
G	1.5 μm	-0.29
H	4.5 μm	-0.02
I	5.8 μm	0.00
J	8.4 μm	+0.14
K	17.7 μm	+0.64
L	6.2 μm	+0.02
M	1.2 μm	-0.78
N	1.2 μm	-0.67

ンモニアガス5%の雰囲気下で行った。

そして、第4表の熱処理において焼入れは油温
60℃にて行った。

第 3 表

処 理 名	昇温	クリーニング	浸炭	拡散	焼入
真 空 度 (Torr)	0.01	1.3	2.0	0.005	0.007
グー 放電	電圧(V)	—	100	320	—
	電流(A)	—	2	2	—
ガ ス 流 量 (ℓ/min)	—	Ar:2.5 H ₂ :1.0	C ₃ H ₈ : 0.6	—	—
時 間 (hr)	約 1.5	0.33	第4表に記載の条件 に従う		

(以下、余白)

(実施例2)

次に、前記 $X \leq 0$ を満足する鋼種 A ないし I、
M 及び N の 11 種の鋼を溶解・精練し、鋼片寸法
が 182×182 となるように連続鍛造し、 $\phi 6$
5 のバー材に圧延した。次いで、このバーから ϕ
60、 $t=6$ の円盤状の試験片（テストピース、
以下、表中では略して「T.P.」と称すること
もある）を切削加工した。この試験片に、浸炭焼
入れ焼戻し処理を行った。浸炭焼入れとしては、
イオン浸炭又はガス浸炭を行った。イオン浸炭に
おける、昇温、クリーニング、浸炭、拡散、焼入
れの各々の工程における条件は次の第3表に示す
通りであり、また、各工程での温度パターンは第
4図に示し、そして、浸炭から焼戻しに到る熱処
理方法の詳細を第4表に示す。

尚、第4表において、ガス浸炭焼入れ及び二次
焼入れは、R_xガス+エンリッチガスの雰囲気下
で行い、酸化処理は空気中で行った。尚、浸炭に
変えて浸炭窒化を行うことができるのは勿論であ
り、この場合は、R_xガス+エンリッチガス+ア

第 4 表

T.P.No.	鋼種	熱 処 理 方 法
1	A	イオン浸炭焼入れ950℃×(浸炭1hr+拡散2hr)、焼戻180℃×2hr
2	B	酸化処理900℃×0.5hr、ガス浸炭焼入れ930℃×3hr、 二次焼入れ950℃×0.5hr、焼戻180℃×2hr
3	C	イオン浸炭焼入れ1100℃×(浸炭3hr+拡散1hr)、焼戻550℃×1hr×3回
4	D	1
5	E	1
6	F	イオン浸炭焼入れ1100℃×(浸炭4hr+拡散2hr)、焼戻450℃×2hr
7	G	イオン浸炭焼入れ950℃×(浸炭24hr+拡散1hr)、二次焼入れ900℃×0.5hr 焼戻180℃×2hr
8	H	1
9	I	1
10	M	ガス浸炭焼入れ930℃×12hr、二次焼入れ950℃×0.5hr、焼戻180℃×2hr
11	N	イオン浸炭焼入れ950℃×(浸炭3hr+拡散1hr)、焼戻180℃×2hr
12	G	イオン浸炭焼入れ950℃×(浸炭5hr+拡散1hr)、焼戻180℃×2hr
13	I	イオン浸炭焼入れ950℃×(浸炭12hr+拡散1hr)、焼戻180℃×2hr
14	I	イオン浸炭焼入れ950℃×(浸炭24hr+拡散1hr)、焼戻180℃×2hr
15	I	イオン浸炭焼入れ950℃×(浸炭1.5hr+拡散0.75hr)、焼戻180℃×2hr
16	I	1

次に、前記熱処理がなされた各試験片の平面部を研磨し、表面粗さを0.01Ra以下の寿命試験用試験片を作成し、この寿命試験用試験片の各々について、『特殊鋼便覧(第1版)電気製鋼研究所編、理工学社、1965年5月25日、第10～21頁記載』のスラスト試験機を用いた寿命試験を行った。試験条件は次の通りである。

最大接触面圧(P_{max}): 578 kgf/mm²

応力繰返し数: 3000 c.p.m

潤滑油: VG68 タービン油

前記寿命試験においては、肉眼もしくは拡大鏡により確認できるフレーキング、クラックの存在をもって寿命と判定した。この寿命の定量的表現(L_{10})は、試験片の10%が寿命に達した時点での累計の回転数(サイクル)をもって表現した。

寿命試験用試験片の表面硬度はロックウェル硬度計で測定し、次いで、試験片表面を順次超仕上げ砥石により研磨しながらロックウェル硬度計を用いてHRC60以上の表層厚さを測定した。

第5表に以上の結果を示す。そして、転動体(=玉)径の2%の以内の深さまでに存在する最大炭化物の真円換算直径が6μm未満であり、且つHRC60以上の表面厚さが玉径の2%以上にある寿命試験用試験片の L_{10} 寿命と表面硬さの関係を第5図に示す。

尚、第5表において、玉径は9.525mmとして計算した。

(以下、余白)

第 5 表

試験片 No.	HRC	HRC 60以上の表層厚さ		玉径の2%以内深さまでに存在する最大炭化物の真円換算直径(μm)	L_{10} 寿命 (サイクル)	表面 C %
		(mm)	玉径に対する %			
1	61.0	0.42	4.4	1.4	3.31×10^4	1.0
2	64.1	0.24	2.5	1.8	1.58×10^5	2.2
3	68.9	0.88	9.2	5.9	1.71×10^5	1.7
4	69.3	0.91	9.6	5.5	1.20×10^5	2.5
5	71.0	0.90	9.4	4.9	3.98×10^7	2.5
6	63.8	0.20	2.1	5.9	1.15×10^5	2.5
7	66.8	0.21	2.2	4.8	1.48×10^5	2.6
8	66.9	0.50	5.2	5.9	1.57×10^5	2.6
9	66.8	∞	∞	5.8	1.62×10^5	2.7
10	64.1	1.01	10.6	3.5	1.64×10^5	1.7
11	63.0	0.29	3.0	2.1	4.79×10^7	1.9
12	66.5	0.29	3.0	6.2	1.31×10^5	2.3
13	66.0	0.43	4.5	10.8	4.01×10^7	2.5
14	66.0	0.52	5.5	16.0	8.22×10^5	2.7
15	66.7	0.18	1.9	4.7	8.04×10^7	2.6
16	66.8	0.15	1.6	5.0	1.11×10^7	2.4

第5図から、表面硬さがHRC64を越え69未満の範囲の時、試験片の寿命値(L_{10})は最大となることがわかる。

また、表面硬さがHRC64を越え69未満で、かつ、HRC60以上の表面厚さが転動体の平均直径の2%以上ある寿命試験用試験片の寿命値(L_{10})と転動体の平均直径の2%以内の深さまでに存在する最大炭化物の真円換算直径との関係を第6図に示す。

第6図から、最大炭化物の真円換算直径が小さくなるに従い、試験片の寿命値(L_{10})は長くなるが、最大炭化物の真円換算直径が6 μ m未満になると飽和することが分かる。

さらに、表面硬さがHRC64を越え69未満で、かつ転動体の平均直径の2%以内の深さまでに存在する最大炭化物の真円換算直径が6 μ m未満である試験片の寿命値(L_{10})とHRC60以上の表層厚さの転動体の平均直径に対する百分率を第7図に示す。

第7図から、HRC60以上の表層厚さが転動

体の平均直径の2%未満の時、寿命試験用試験片の寿命値(L_{10})が低下することがわかる。

以上より、軌道面又は転動面の硬さがHRC64を越え69未満であり、軌道面及び転動面から内側に向かって当該転動体の平均直径の2%以上に対応する深さまでの間の硬さがHRC60以上であり、かつ、軌道面又は転動面から内側に向かって転動体の平均直径の2%に対応する深さまでの間に存在する炭化物の大きさは真円換算直径6 μ m未満である時、試験片の寿命値(L_{10})が最大となることが分かる。

(実施例3)

前記第1表に示す複数の鋼種を用いて、軸受外径62mm、幅16mm、内径30mmの単列深みぞ玉軸受(6206)a乃至nを作成した。軌道輪及び転動体の熱処理は第6表記載の通りである。

この単列深みぞ玉軸受における軌道輪及び転動体の表面硬度を前記ロックウェル硬度計で測定し、両者の硬度の差(転動体表面硬さ-軌道輪表面硬さ= Δ HRC)を計算した。そして、『日本精工

株式会社編、テクニカルジャーナル、No.646、第20頁」記載の油浴潤滑形軸受耐久寿命試験機を用いて前記各々の単列深みぞ玉軸受の寿命試験を行った。試験機の試験条件は、下記の通りである。

ラジアル荷重 F_r : 1410 kgf

最大接触面圧 (P_{max}) : 350 kgf/mm²

潤滑油 : VG68タービン油

回転数(内輪回転、外輪回転) : 3000 rpm

尚、寿命は前記スラスト寿命試験の場合と同様に全試験片数の10%に確認できるフレーキング又はクラックが発生するまでの累計時間(L_{10})で表現した。

以上の結果を第6表に示す。そして、前記転動体と軌道輪との表面硬さの差(Δ HRC)と L_{10} 、寿命値との関係を第8図に示す。

第8図から明らかなように、 Δ HRCが0以下で転動体表面にフレーキングが発生して寿命の低下が明らかとなった。これに対し、 Δ HRC \geq 0では、転動体のフレーキングの発生は無く略一定

の L_{10} を保持していることが確認された。

以上の事実より、転動面の硬さは前記軌道面の硬さより硬いことで、試験片の寿命を向上することか確認された。

(以下、余白)

第 6 表

軸受 No.	内 外 輪 軸 動 体				ΔHRC	L ₁₀ (hr)		
	鋼種	熱 処 理	表面硬さ	鋼種			熱 処 理	表面硬さ
a	B	表3の①と同じ	64.1	B	表3の①と同じ	64.1	0	1002
b	f	f	f	C	表3の②と同じ	68.9	4.8	1150
c	f	f	f	G	表3の③と同じ	66.8	2.7	999
d	f	f	f	H	表3の④と同じ	66.9	2.8	1014
e	C	表3の②と同じ	68.9	B	表3の①と同じ	64.1	-4.8	220
f	f	f	f	C	表3の②と同じ	68.9	0	1101
g	f	f	f	G	表3の③と同じ	66.8	-2.1	720
h	f	f	f	H	表3の④と同じ	66.9	-2.0	699
i	G	表3の③と同じ	66.8	B	表3の①と同じ	64.1	-1.7	740
j	f	f	f	C	表3の②と同じ	68.9	2.1	1100
k	f	f	f	H	表3の④と同じ	66.9	0.1	1001
l	H	表3の④と同じ	66.9	B	表3の①と同じ	64.1	-2.8	565
m	f	f	f	C	表3の②と同じ	68.9	2.0	1015
n	f	f	f	G	表3の③と同じ	66.8	-0.1	940

①…T. P. No. 2

②…T. P. No. 3

③…T. P. No. 7

④…T. P. No. 8

ΔHRC…軸動体と内外輪の硬さの差

(実施例4)

前記第1表の鋼種Cを使用して、前記単列深みぞ玉軸受(6206)の外輪を第7表に示す熱処理条件で作製した。なお、比較としてSUJ2を使用し、浸炭を行うことなく焼入れして同様に前記単列深みぞ玉軸受(6206)の外輪を作成した。

この時、各外輪は、軌道面の硬さがHRC64を越え69未満であり、軌道面から内側に向かって当該軸動体の平均直径の2%以上に対応する深さまでの間の硬さがHRC60以上であり、かつ、軌道面から内側に向かって軸動体の平均直径の2%に対応する深さまでの間に存在する炭化物の大きさは真円換算直径6μm未満になるよう作製した。

次いで、このような熱処理後各外輪No.のものについて、外輪の平均残留オースナイト濃度(体積%)を測定した。測定結果を第7表に示す。

第7表の結果から、残留オーステナイト濃度と外輪の断面の深さ方向の位置(A-B)の関係を

第9図に示す。また、第10図は、前記外輪No.1の断面図であり、図中のA点及びB点は、第9図中の横軸の点及びB点に対応する。

残留オーステナイト濃度は外輪の表面部において高く、内部において低くなっている。前記平均残留オーステナイト濃度とは、表面及び内部の残留オーステナイト濃度の全平均を意味するものであって、第9図では約6.4vol%が平均残留オーステナイト濃度となる。

今、外輪No.1ないし5の外輪の各々を170℃に保持し外輪外径の経時変化(外輪の外径の膨張率)を測定した。この結果を第11図に示す。

第11図より平均残留オーステナイト濃度がSUJ2(外輪No.5)の値(10%)以下の試験片(外輪No.1及び2)は、外輪の外径の最大膨張率がSUJ2(外輪No.5)より小さいことがわかる。この結果より、外輪に残存する平均残留オーステナイト濃度(vol%)は10%以下にすると、寸法安定性がSUJ2より良好な鋼を得ることができる。

第 7 表

外輪 No.	鋼種	熱 処 理 方 法	平均 Vol%
1	G	イオン 浸炭焼入 950℃× (浸炭2hr + 焼入1hr)、 二次焼入 900℃×0.5hr、焼戻180℃×2hr	6.4
2	G	f f (浸炭4hr + 焼入2hr)、 二次焼入 900℃×0.5hr、焼戻180℃×2hr	9.5
3	G	f f (浸炭6hr + 焼入3hr)、 二次焼入 900℃×0.5hr、焼戻180℃×2hr	10.6
4	G	f f (浸炭12hr + 焼入6hr)、 二次焼入 900℃×0.5hr、焼戻180℃×2hr	15.2
5	SUJ2	焼入840℃×0.5hr 焼戻180℃×2hr	10.0

尚、前記実施例では焼入れを油焼入れで行ったが、水焼入れでも良い。

また、表面硬さ、炭化物直径を本発明の特性値に調整可能であれば、第1表記載の鋼種に限定されないことは勿論である。

(発明の効果)

以上説明したように請求項(1)記載の発明によれば、軌道面又は転動面の硬さ；HRC64を越え69未満、且つ軌道面及び転動面から内側に向かって当該転動体の平均直径の2%以上に対応する深さまでの間の硬さ；HRC60以上、さらに、軌道面又は転動面から内側に向かって転動体の平均直径の2%に対応する深さまでの間に存在する炭化物の大きさは真円換算直径6 μ m未満であることで、長寿命な転がり軸受を提供することができる。

そして、請求項(2)記載の発明によれば、転動面の表面硬さを軌道面のそれ以上にすることにより、転動体の耐疲労性を高めて、もって長寿命な転がり軸受を提供することができる。

B)との関係図、第10図は外輪の断面図、第11図は外輪の外径の膨張率と加熱保持時間との関係図である。

特許出願人

日本精工株式会社

代理人 弁理士 森 哲也

弁理士 内 藤 嘉 昭

弁理士 清 水 正

弁理士 大 賀 直 司

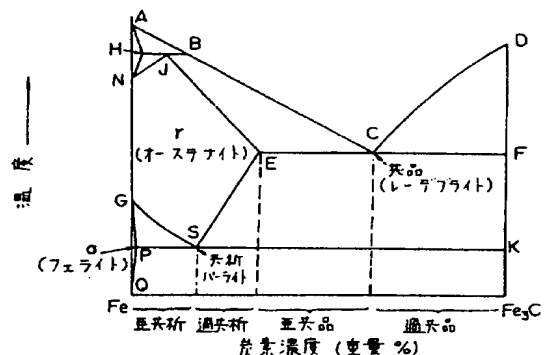
さらに、請求項(3)記載の発明によれば、合金元素の含有量を最大炭化物直径が6 μ mになるようにして長寿命な転がり軸受を提供することができる。

また、請求項(4)記載の発明によれば、合金鋼の平均残留オーステナイト濃度を10vol以下にすることにより長寿命であり、且つ寸法安定性にも優れた転がり軸受を提供することができる。

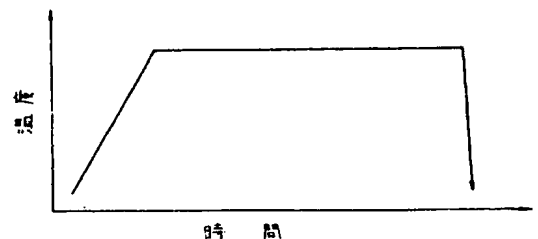
4. 図面の簡単な説明

第1図はFe-Fe₃Cの状態図、第2図は実施例1における各鋼種の焼鈍方法を示す図、第3図は最大炭化物の真円換算直径とX値との関係図、第4図はイオン浸炭の熱処理工程の説明図、第5図は試験片の寿命値と試験片の表面硬さとの関係図、第6図は試験片の寿命値と最大炭化物の真円換算直径との関係図、第7図は試験片の寿命値とHRC60以上の表層厚さの転動体の平均直径に対する百分率との関係図、第8図は試験片の寿命値と Δ HRCとの関係図、第9図は残留オーステナイト濃度と外輪の断面の深さ方向の位置(A-

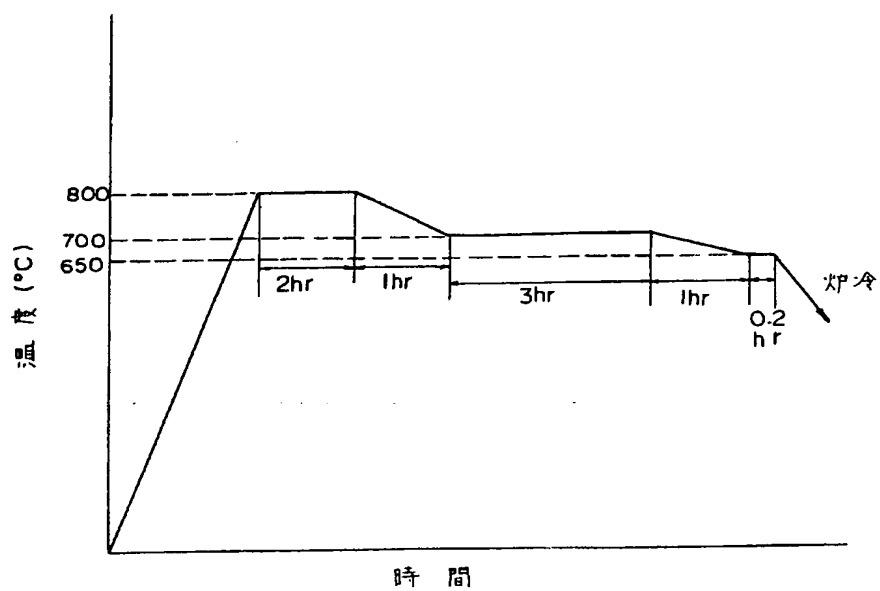
第 1 図



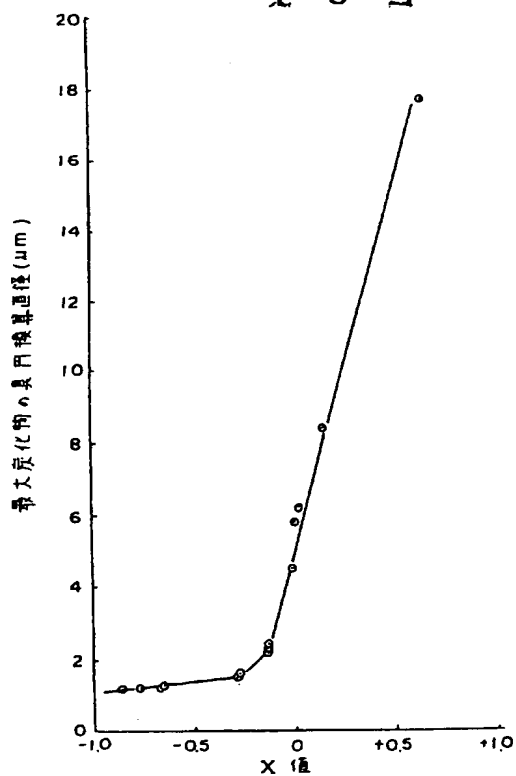
第 4 図



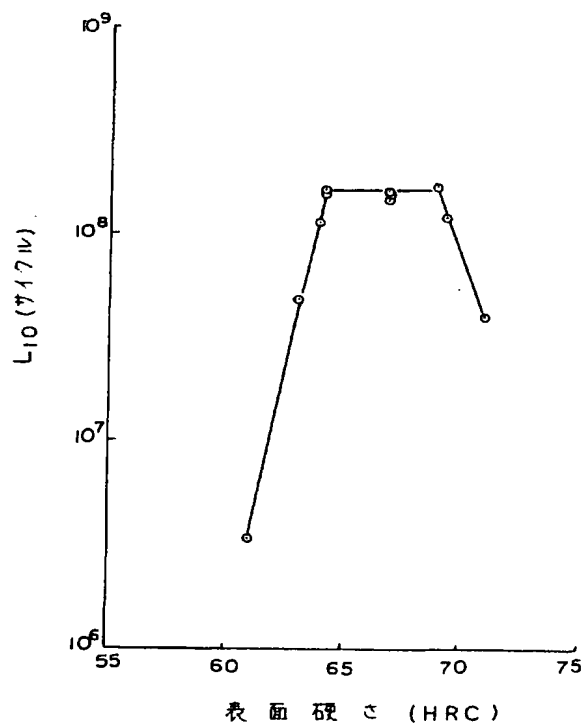
第 2 図



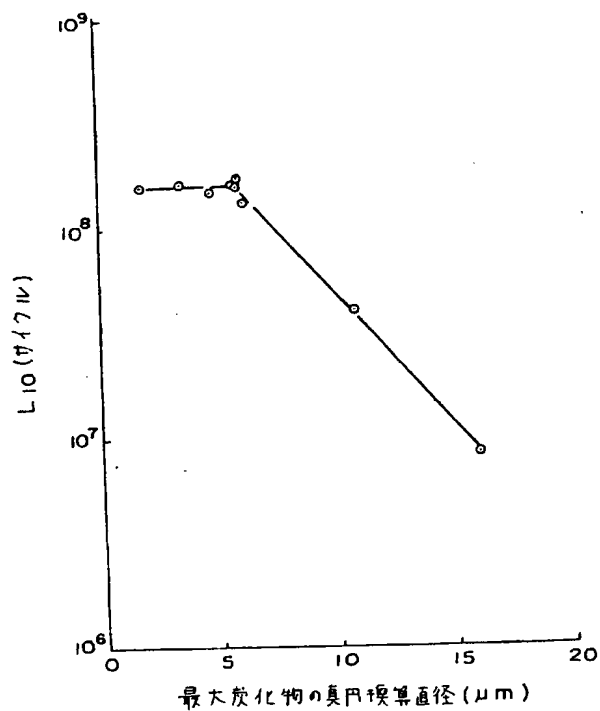
第 3 図



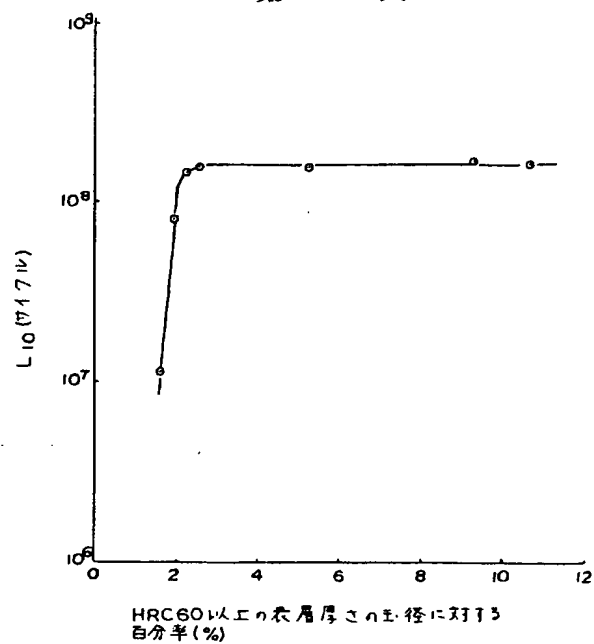
第 5 図



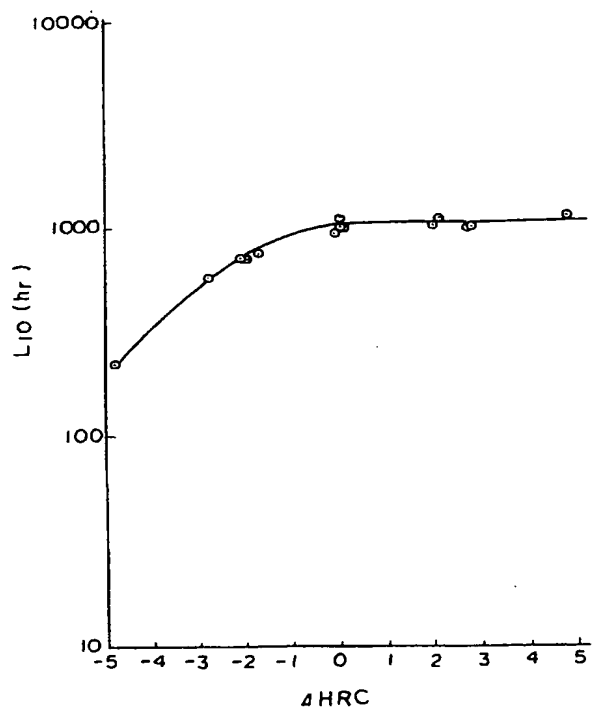
第 6 図



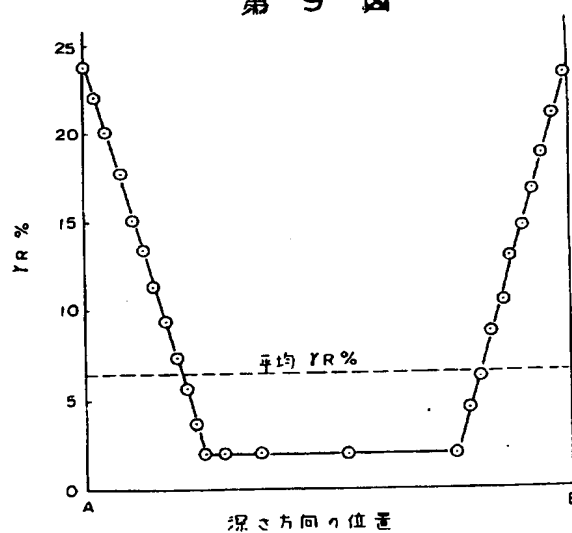
第 7 図



第 8 図



第 9 図

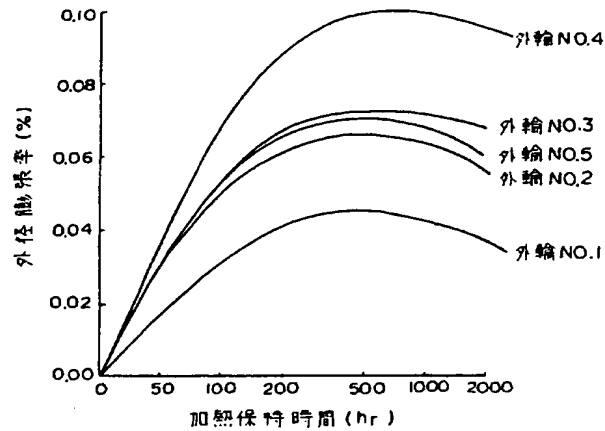


第 10 図





第 11 図



平成 3 年 5 月 2 日

特許庁長官 植 松 敏 殿

1. 事件の表示

平成 2 年特許願第 114105 号

2. 発明の名称

転がり軸受

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

名称 (420) 日本精工株式会社

4. 代理人

住所 東京都千代田区有楽町一丁目 7 番 1 号

有楽町電気ビルディング南館 12 階 1251 区

日 栄 特 許 事 務 所

〒 100 電話 03-3284-1876

氏名 (6698) 弁理士 森 哲 也



5. 補正の対象

明細書の「発明の詳細な説明」の欄



6. 補正の内容

明細書第 29 頁全体を別紙のとおり訂正する。

第6表

軸受 No.	内 外 輪			転 動 体			ΔHRC	L_{10} (hr)
	鋼種	熱 処 理	表面硬さ	鋼種	熱 処 理	表面硬さ		
a	B	表4の①と同じ	64.1	B	表4の①と同じ	64.1	0	1002
b	↑	↑	↑	C	表4の②と同じ	68.9	4.8	1150
c	↑	↑	↑	G	表4の③と同じ	66.8	2.7	999
d	↑	↑	↑	H	表4の④と同じ	66.9	2.8	1014
e	C	表4の②と同じ	68.9	B	表4の①と同じ	64.1	-4.8	220
f	↑	↑	↑	C	表4の②と同じ	68.9	0	1101
g	↑	↑	↑	G	表4の③と同じ	66.8	-2.1	720
h	↑	↑	↑	H	表4の④と同じ	66.9	-2.0	699
i	G	表4の③と同じ	66.8	B	表4の①と同じ	64.1	-1.7	740
j	↑	↑	↑	C	表4の②と同じ	68.9	2.1	1100
k	↑	↑	↑	H	表4の④と同じ	66.9	0.1	1001
l	H	表4の④と同じ	66.9	B	表4の①と同じ	64.1	-2.8	565
m	↑	↑	↑	C	表4の②と同じ	68.9	2.0	1015
n	↑	↑	↑	G	表4の③と同じ	66.8	-0.1	940

①・・・T.P.No.2

②・・・T.P.No.3

③・・・T.P.No.7

④・・・T.P.No.8

 ΔHRC ・・・転動体と内外輪の硬さの差

手続補正書 (自発)

平成 3 年 5 月 27 日

特許庁長官 植 松 敏 殿

1. 事件の表示

平成2年特許願第114105号

2. 発明の名称

転がり軸受

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

名称 (420) 日本精工株式会社

4. 代理人

住所 東京都千代田区有楽町一丁目7番1号

有楽町電気ビルディング南館12階1251区

日 栄 特 許 事 務 所

〒100 電話 03-3284-1876

氏名 (6698) 弁理士 森 哲 也



5. 補正の対象

明細書の「特許請求の範囲の欄」「発明の詳細な説明の欄」及び図面の「第1図」。

6. 補正の内容

- (1) 特許請求の範囲を別紙の通りに訂正する。
- (2) 明細書第3頁下から2行目に「ることにより」とあるのを「ことにより」と訂正する。
- (3) 明細書第4頁上から9行目に「課題」とあるのを「問題」と訂正する。
- (4) 明細書第4頁上から13行目の「最適な」の前に「また、」を挿入する。
- (5) 明細書第5頁下から2行目に「合金鋼」とあるのを「軌道輪及び転動体のうち少なくとも一つ」と訂正する。
- (6) 明細書第34頁上から5行目に「合金鋼」とあるのを「軌道輪及び転動体のうち少なくとも一つ」と訂正する。
- (7) 第1図を別紙の通りに訂正する。

特許請求の範囲

- (1) 軌道輪及び転動体のうち少なくとも一つが、軌道面又は転動面の硬さ：HRC 64 越え 69 未満、且つ HRC 60 以上の表層厚さ；転動体平均直径の 2% 以上、さらに軌道面又は転動面から転動体平均直径の 2% に対応する深さまでの間に真円換算直径で $6\mu\text{m}$ 以上の炭化物を含有しない合金鋼からなる、ことを特徴とする転がり軸受。
- (2) 前記転動面の硬さは前記軌道面の硬さ以上であることを特徴とする請求項(1)記載の転がり軸受。
- (3) 前記合金鋼に含有される合金元素について、その含有量（重量%）に下記(1)式の関係が存在することを特徴とする請求項(1)又は(2)に記載の転がり軸受。

$$[\%C] \leq 1.12 \exp \{-4.78 \times 10^{-2}([\%Cr] + [\%Mo] + [\%V] + 0.5[\%W] + 0.2[\%Mn] + 0.01[\%Co])\}$$

-- -- (1)

- (4) 前記軌道輪及び転動体のうち少なくとも一つの
平均残留オーステナイト濃度 (vol %) が 10
% 以下であることを特徴とする請求項(1)ないし(3)

のいずれか一項に記載の転がり軸受。

第一圖

